

Efectos secundarios generados por la exposición a radiaciones ionizantes en el área de radiología.

Presentado por:

Cárdenas Callejas Diana Milena

González Castañeda Yesica Liceth

González Tascón Julia Isabella

Dirigido por

Calderón Cabrejo Sara Lucia

Co - Asesora:

Zamora Romero Derly

Opción de Grado PSS

Politécnico Gran Colombiano Institución Universitaria

Facultad Sociedad, Cultura Y Creatividad

Escuela De Estudios En Psicología, Talento Humano Y Sociedad

Programa Profesional en Gestión De La Seguridad Y La Salud Laboral

Grados de Prevención de riesgos laborales

Bogotá, 23 de junio, 2025.

Tabla de contenido

Agradecimientos

5



	2
Resumen	6
introducción	8
Planteamiento De Problema	10
Variable independiente	12
Variable dependiente	12
Pregunta De Investigación	12
Antecedentes	12
Objetivos	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	21
Justificación	21
Marco Teórico	22
Aparición De Los Rayos X Y La Radioactividad	22
Radiación ionizante	23
Radiación No Ionizante	23
Teoría Autor Nacional	24
Teoría Autor Internacional	25
Protección Radiológica	25
Límites De Exposición	25
Marco Legal	26
Diseño Metodológico	28

	3
Fases De Investigación	33
<i>Fase 1: Planificación y diseño.</i>	34
<i>Fase 2: Recopilación y selección documental.</i>	34
<i>Fase 3: Diligenciamiento del instrumento y recolección de datos</i>	35
<i>Fase 4: Evaluación e interpretación de los resultados obtenidos</i>	35
<i>Fase 5: Desarrollo del informe definitivo y conclusiones</i>	36
Aspectos Éticos	37
Resultados	39
Resultado Objetivo Específico 1	39
Resultado Objetivo Específico 2.	43
Resultados De Objetivo Específico 3.	43
Conclusiones	45
Referencias Bibliográficas	46
Anexos	50

Tablas

Tabla 1: Limites de exposición.	25
Tabla 2: Normatividad Aplicable.	27
Tabla 3: Mediciones de control	43



Ilustraciones

Ilustración 1: Publicaciones de los últimos 10 años, relacionados con afectaciones ionizantes en la salud.	38
Ilustración 2: Efectos secundarios más mencionados en los estudios.	40
Ilustración 3: Efectos secundarios más mencionados en los artículos.	41
Ilustración 4: Efectos a corto, mediano y largo plazo.	42
Ilustración 5: Métodos de control para la radiación ionizante.	43

AGRADECIMIENTOS

Con profundo agradecimiento queremos expresar estas palabras a todas las personas que nos han acompañado durante este proceso, el cual ha sido de gran aprendizaje y sobre todo de grandes retos para cada una de nosotras.

En primer lugar, a nuestra tutora **Sara Lucia Calderón Cabrejo**, quien con su paciencia, conocimiento y amor nos ha guiado hasta aquí para cumplir con nuestros objetivos, sus consejos fueron de gran ayuda para sacar adelante nuestro trabajo de grado.



Agradecemos también al **Politécnico Grancolombiano** y a cada uno de los demás tutores que han estado a lo largo de nuestra formación, quienes han sido parte fundamental en este proceso. A nuestros padres **Claudia, Marco, Janeth, Oscar**, que con su amor, confianza y apoyo nos impulsaron cada día a no desfallecer, siendo nuestro mayor motivo para cumplirles y que se sientan orgullosos de sus hijas, este logro es por y para ustedes.

Esto también va para los demás familiares que han sido testigos de los esfuerzos y sacrificios que por pequeños que sean hemos hecho, hermanos, sobrinos, padrinos, parejas, hijos, compañeros peludos **Albus y Olaf**, gracias por creer en nosotras y no soltarnos la mano.

Nuestros amigos, compañeros de estudio, y demás que se nos escapan en estos momentos, cada uno fue importante a lo largo de la carrera, hicieron un trabajo sensacional, sin su ayuda no hubiera sido posible cumplir con lo solicitado en cada situación.

Con gratitud infinita;

Diana Milena Cárdenas Callejas

Julia Isabella González Tascón

Yesica Liceth González Castañeda

RESUMEN

En los hospitales, el área de radiología significa un avance en la medicina y un instrumento en el diagnóstico de enfermedades; sin embargo, estas representan un riesgo a la salud de los trabajadores que están expuestos diariamente a las radiaciones ionizantes - RI. El objetivo principal de este proyecto es identificar los efectos asociados al riesgo por exposición en el personal de radiología en instituciones prestadoras de salud en Colombia durante los años 2015-2025, por medio de una revisión literaria, conociendo las medidas de control aplicadas necesarias para mitigar la aparición de enfermedades a corto, mediano y largo plazo; , la exposición ocupacional a RI representa un riesgo latente y acumulativo que exige una respuesta

estructurada desde el ámbito preventivo, diagnóstico y educativo; el estudio recopila y analiza la evidencia de una matriz que contiene 60 variables literarias sobre las consecuencias biológicas de la exposición ocupacional, que van desde efectos agudos como daños en la piel, hasta consecuencias crónicas como mutaciones genéticas, cataratas y cáncer ocupacional, igualmente, se evalúan los protocolos de protección radiológica aplicados en el país, considerando su cumplimiento frente a las normativas nacionales e internacionales. De la investigación científica se concluyó que, a mayor exposición a la radiación, mayor es el riesgo de efectos negativos.

Palabras Clave: Radiación ionizante, centros hospitalarios, revisión literaria, efectos a corto, mediano y largo plazo, límites de exposición.

Abstract

In hospitals, radiology represents a breakthrough in medicine and a tool for diagnosing diseases; however, these represent a risk to the health of workers who are exposed daily to ionizing radiation (IR). The main objective of this project is to identify the effects associated with the risk of exposure in radiology personnel in healthcare institutions in Colombia during the years 2015-2025, through a literature review, knowing the applied control measures necessary to mitigate the appearance of diseases in the short, medium and long term; Occupational exposure to IR represents a latent and cumulative risk that requires a structured response from the preventive, diagnostic and educational fields; The study compiles and analyzes evidence from a

matrix containing 60 literary variables on the biological consequences of occupational exposure, ranging from acute effects such as skin damage to chronic consequences such as genetic mutations, cataracts, and occupational cancer. It also evaluates the radiation protection protocols applied in the country, considering their compliance with national and international regulations. The scientific research concluded that the greater the exposure to radiation, the greater the risk of negative effects.

Keywords: Ionizing radiation, hospitals, literature review, short, medium and long term effects, exposure limits.

INTRODUCCIÓN

Las radiaciones ionizantes se han considerado un instrumento de gran trascendencia en el sector salud por sus diferentes usos; sin embargo, las mismas propiedades que las hacen útiles en estas zonas, las convierten en elementos que suponen riesgos para la salud de las poblaciones expuestas.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica, han establecido normativas y recomendaciones para minimizar los efectos adversos de la radiación, de igual manera aún hay desafíos en la aplicación efectiva de estas medidas, especialmente en entornos con recursos limitados o con deficiencias en la capacitación del personal.



Por otro lado, la OMS afirma que la radiación puede afectar la función de órganos y tejidos, en cuanto a mayor sea la exposición y la tasa de dosis, más intensos serán estos efectos. (OMS, 2023)

(Sierra, 2021), magíster en Toxicología y en Evaluación de Riesgo e integrante del Grupo físico de medicina en la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), dice que aun cuando los cardiólogos están expuestos a dosis de 2 a 3 veces más altas de radiación ionizante, los cirujanos ortopédicos tienen un riesgo 0,75% mayor de cáncer fatal, y las mujeres tienen un riesgo 85 por ciento mayor de cáncer, incluido un aumento del 2,2 por ciento en el cáncer de mama, de igual forma también explicó que toda exposición a la radiación debe mantenerse lo más baja posible, ya que aun cuando se siguen los límites permisibles, siempre representará un riesgo a la salud.

La enciclopedia médica (MedlinePlus, 2023) esclarece que la exposición a la radiación puede ocurrir en dosis altas y en episodios únicos o agudos, donde puede presentarse en el tiempo crónica en una serie de pequeñas exposiciones, la exposición puede ser accidental o intencional (como la radioterapia utilizada para tratar enfermedades).

En radiología médica no se establecen límites fijos para las dosis de radiación permitidas, ya que la prioridad es optimizar y justificar la exposición en función del procedimiento médico, Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA, 2022) Sin embargo, para las exposiciones ocupacionales y públicas, existen límites de dosis, que se determinan en la Guía Especial de Seguridad No SSG-46, 2018; en el mismo Cuadro 1 OIEA - Límites de dosis para escenarios de exposición planificados, en Exposición de origen laboral, significa que la dosis recibida por una persona ocupacionalmente expuesta es:

- Dosis efectiva: promedio de 5 años de 20 mSv/año, máximo 50 mSv en un solo año
- Dosis equivalente de lente: promedio 20 mSv/año o 50 mSv en un solo año
- Dosis equivalente en extremidades o piel: 500 mSv/año

En un estudio realizado por (Barrios, 2021), aclaran que la utilización de tecnologías que involucran la radiación ionizante presenta efectos biológicos tanto a corto como a largo plazo, tales como, daños en la piel, cataratas, hipotiroidismo, infertilidad, síndrome de radiación aguda y un incremento en la probabilidad de desarrollar tumores malignos, ya sean sólidos o en la sangre; debido a la diversidad de procedimientos que cada especialidad lleva a cabo, es esencial que el personal de salud tenga conocimientos sobre la exposición a la radiación ionizante, también es fundamental que las instituciones implementen políticas para reducir riesgos, se realicen investigaciones sobre nuevas tecnologías de protección radiológica y se utilicen correctamente los equipos de protección radiológica, para disminuir los efectos biológicos en estos grupos. (Barrios, 2021)

Por lo anterior, con este estudio de revisión literaria se busca identificar los efectos asociados al riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de radiología en instituciones prestadoras de salud en Colombia durante la última década (2015-2025), conociendo las medidas de control y protocolos aplicados necesarios para mitigar la aparición de enfermedades, donde se busca recolectar información literaria sobre los efectos en la salud que producen las radiaciones ionizantes en el personal de radiología, se realizará un análisis a los efectos posibles a corto, mediano y largo plazo que afectan la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes y por último se determinarán las medidas de control necesarias para mitigar la aparición de enfermedades laborales en el personal que trabaja en el sector de radiología, en los últimos 10 años.

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

Desde su descubrimiento, las radiaciones ionizantes han sido un instrumento de gran importancia en la medicina y la industria clínica; las estrategias para la mitigación de



trabajadores expuestos deben darse a través de una visión distinta a la de otros agentes del área ocupacional, dado que estas se consideran útiles en las investigaciones y desarrollo en varios países (Choachí, 2022), donde, internacionalmente se conocen los impactos como factores determinísticos y estocásticos, los primeros se encuentran ligados a umbrales, en el que los datos superan los límites de cantidades establecidas y en cuanto a los segundos, se toma la inexistencia de umbrales, lo que cualquier exposición a estos asocia un riesgo representando una amenaza para la salud en la sociedad de manera colectiva e individual.

A nivel internacional, la literatura científica y los informes técnicos reconocen dos tipos principales de efectos biológicos, los cuales se emiten a partir de la exposición a radiaciones ionizantes: los estocásticos y los determinísticos que tienen un umbral definido de exposición, lo que indica que el daño celular se produce una vez superado cierto límite, y puede manifestarse clínicamente con síntomas como eritema, cataratas, esterilidad o síndrome de irradiación aguda y los efectos estocásticos, como el cáncer o las mutaciones genéticas, no presentan un umbral claro, por lo que incluso dosis bajas podrían implicar un riesgo acumulativo, cuya probabilidad de aparición depende de la dosis recibida, pero no su severidad.

Este escenario adquiere particular relevancia en el ámbito hospitalario, especialmente en servicios de radiología, medicina nuclear y radioterapia, donde los profesionales de la salud están constantemente expuestos a fuentes de radiación, tanto directa como secundaria.

La falta de control y vigilancia en radiología puede causar exposiciones repetidas sin detectar, poniendo en riesgo la salud del personal, donde el OIEA advierte que medir mal la radiación puede ocultar o exagerar el peligro, donde es clave tener un sistema de vigilancia que incluya control de dosis, capacitación, buenos protocolos y equipos actualizados, ya que los efectos de la radiación pueden incluso pasar a futuras generaciones.



Posteriormente, la exposición ocupacional a radiaciones ionizantes representa un riesgo latente y acumulativo que exige una respuesta estructurada desde el ámbito preventivo, diagnóstico y educativo, la presente investigación propone diseñar y promover una alternativa de vigilancia epidemiológica que permita identificar y mitigar tempranamente los eventos adversos en trabajadores expuestos, con el fin de reducir las brechas existentes en la protección radiológica (Ragel, 2022).

VARIABLE INDEPENDIENTE

Estrategia de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes, conjunto de acciones sistemáticas y periódicas orientadas a la observación, recopilación, análisis y control de datos relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes, con el objetivo de prevenir y mitigar efectos en la salud, implementación de protocolos de monitoreo, registros dosimétricos, evaluaciones médicas regulares y formación en protección radiológica, aplicados a trabajadores expuestos en el área de radiología.

VARIABLE DEPENDIENTE

Nivel de riesgo por exposición laboral a radiaciones ionizantes, probabilidad de que los trabajadores desarrollen efectos adversos para la salud derivados de la exposición a fuentes ionizantes en el entorno laboral, incidencia de hallazgos clínicos compatibles con efectos estocásticos o determinísticos, irregularidades en registros dosimétricos, número de casos con sobreexposición documentada, o aparición de síntomas relacionados en exámenes periódicos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera los niveles de exposición a radiaciones ionizantes afectan a los trabajadores de la salud durante los procedimientos radiológicos e influyen en la manifestación



de efectos adversos a corto plazo relacionados con lesiones en la piel, cambios hematológicos y efectos neurológicos?, investigación literaria analizada durante los últimos 10 años.

ANTECEDENTES

Con cada información recopilada lo que se busca es tener una amplia gama de conocimiento sobre todo lo que tiene que ver con radiaciones ionizantes y la afectación que este riesgo puede tener principalmente sobre el sector salud sirviendo como base primordial para la ejecución de cada uno de los objetivos específicos.

De acuerdo con lo anterior, la investigación realizada por Valeria Ávila (Ávila, 2022) investigó por medio de una investigación sistemática exploratoria y encontró que la exposición a radiaciones ionizantes puede ocasionar alteraciones clínicas en el personal expuesto, entre ellas se encuentran el cáncer, la infertilidad, las cataratas e hipertiroidismo.

En relación con la investigación que se viene analizando es importante que las instituciones de salud que trabajan con radiaciones ionizantes y los trabajadores tomen medidas para disminuir el riesgo de desarrollar estas alteraciones, es importante que las instituciones de salud que trabajan con radiaciones ionizantes y los trabajadores trabajen juntos para comprimir el riesgo de desarrollar las variaciones mencionadas en este estudio. Por otro lado, el estudio realizado por estudiantes de Ecuador, (Cárdenas, 2021) evaluaron la experiencia del personal de radiología del hospital.

El estudio consistió en administrar radiación a la comunidad de Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. Agentes ionizantes en estudios de diagnóstico y su impacto en las medidas de protección, estaban buscando analizar las respuestas de preguntas cerradas que fueron aplicadas relacionadas sobre las medidas de protección tomadas y dosis de radiación a la que se exponen los trabajadores, la radiación que causan a los pacientes y a todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos servicios de radiología; quedó claro que los entrevistados

expresaron conocimientos previos respecto al uso de radiaciones ionizantes, independientemente de su experiencia y Profesión.

Los resultados de la investigación muestran que no existen protocolos de protección anti-radiación adecuadamente observado en los servicios de radiología, usar cobertura es una medida de proteger a los trabajadores de la radiación, pero no suficiente, de igual manera usar dosímetros en el personal de radiología es muy importante porque permite llevar un control de la radiación que recibe cada trabajador y asegurarse de que no pasen los límites seguros, si no se usa un dosímetro por persona, pueden pasar varias cosas como primero, se vuelve difícil saber cuánta radiación ha recibido cada uno, y segundo, se corre el riesgo de que alguien esté expuesto a más radiación de la que debería, lo que puede afectar seriamente su salud.

Para fortalecer el trabajo de protección radiológica en el departamento de radiología, se recomienda: Los empleados utilizan dosímetros personales, además, se recomienda que las instituciones de salud y Proporcionar capacitación y educación al personal sobre medidas de protección radiológica, de acuerdo con la investigación, de igual forma también se realizaron encuestas a colaboradores que ya presentaban molestias y por desconocimiento no asistían a chequeos rutinarios tomando como muestra 30 trabajadores ubicados en 6 centros médicos. De los resultados se obtuvo que era imperativo la implementación del protocolo para vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a riesgos físicos así que se procedieron a aumentar las capacitaciones sobre el correcto procedimiento del trabajo, así como la implementación de pantallas para amortiguar las radiaciones ionizantes, mantenimiento preventivos y correctivos a los equipos empleados en la toma de rayos x, seguimiento en los exámenes clínicos para llevar un control del personal comprometido y por último otorgar los EPP para mitigar el impacto de los riesgos, que pueden derivar en responsabilidad por parte del empleador.



Las innovaciones tecnológicas han desarrollado esquemas de protección radiológica para prevenir el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en el año 2022, este estudio se realizó con corte transversal intencional, no experimental, mediante preguntas del personal involucrado en el área de trabajo. Los resultados demostraron que la exposición a la radiación ionizante fue de 2,80 milisieverts en la población trabajadora, lo cual no excede el límite permisible anual, sin embargo se evidenció que la mitad de los hospitales no cuentan con capacitación y medidas de prevención, seguimiento o control para prevenir riesgos radiológicos, por lo que cuentan con planes de protección radiológica que incluyen normas, restricciones y pautas de capacitación para prevenir riesgos en el área de radiación X.

Conforme a esta investigación, en España el Consejo de Seguridad Nuclear (2023), en diciembre se aprobó el Decreto 1029 del 2022 el cual se encargó de la defensa de la salud contra los riesgos de la exhibición a radiaciones ionizantes incorporando así normativa de seguridad básicas para la protección de peligros derivados de las mismas.

También se revisan los límites de dosis para los trabajadores, con el objetivo de mejorar su protección, además, se incorpora la protección contra las fuentes de radiación naturales a los requisitos globales, por último, se incorpora todo lo relativo a la defensa operacional de los colaboradores externos con riesgo de exhibición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada.

De manera similar, en el artículo de (Riesgo laboral ante la exposición a la radiación ionizante en el equipo de salud, s.f.) se analizó la exposición a radiación ionizante del equipo regional de salud en el quirófano del Hospital Agramunt, en esta investigación se utilizó un enfoque observacional, descriptivo y transversal durante los dos meses restantes del 2021, allí se encuestó a varias personas con 20 preguntas relacionadas con el tema de la radiación.



En este Hospital en el área de Cirugía hospitalaria, los resultados demostraron que en la exposición a radiación predominó la exposición en mujeres, el 56% fueron clasificados como de alto riesgo y el 68% en personas de 31 a 45 años, más jóvenes y vulnerables, el 52% ha trabajado de 1 a 3 años, el tiempo de exposición es un factor de riesgo inevitable, adicional el 60% conoce las medidas de protección contra las radiaciones ionizantes, el 68% posee conocimientos de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes, mencionado por el 84% toman 6 o más radiografías por operación durante la cirugía, pero uno de los factores que influyen en la exposición es la no utilización de protectores ionizantes.

Sin embargo, posterior a esta recolección de información, se promovió y proporcionó orientación para desarrollar medidas de protección y preventivas, se han tomado medidas adecuadas para garantizar la seguridad de las mujeres embarazadas, se utilizaron métodos cualitativos debido a su carácter participativo, vale la pena señalar que este artículo identificó estándares y protocolos específicos a nivel nacional e internacional dirigidos a trabajadores que están expuestos a radiaciones ionizantes en el sistema de salud, llegar a pesar de ello, todavía existe una considerable desinformación sobre los riesgos laborales demostrados.

Las mujeres embarazadas que trabajan con radiaciones ionizantes pueden continuar con la actividad si se toman las medidas necesarias para protegerlas a ellas y sus fetos, es importante que comprendan los riesgos asociados con la exposición a estas radiaciones ionizantes, capacitarlas dando la información necesaria y medidas de prevención, proporcionándoles herramientas como elementos de protección personal, dosímetros, descansos oportunos y frecuentes ante la exposición y apoyo sobre preguntas o inquietudes.

Para finalizar en el ámbito Nacional, en Colombia (Exposición a radiaciones ionizantes en el personal de la salud, efectos y normatividad en Colombia, 2023) publica un artículo de revisión explicando teóricamente la definición, efectos, controles, regulaciones y aspectos



generales destacados de la Radiación Colombia, allí se analizó una metodología con enfoque cualitativos de estudio documental con temas bases a profundidad sobre las radiaciones ionizantes que han sido una herramienta valiosa e innovadora, sin embargo la exposición excesiva ocasiona enfermedades laborales a largo plazo, por ello es importante la implementación de medidas de previsión para la mitigación y reducciones riesgo, el incremento a nivel médico ha sido evidente lo cual nos lleva a tener la necesidad de conocer más sobre el tema.

También, en Bogotá, en la revista ciencia de la salud, las investigaciones muestran que la exposición a bajas dosis de radiación ionizante puede causar anomalías cromosómicas en los trabajadores de la salud, estas aberraciones son cambios en la estructura de los cromosomas que aumentan el riesgo de cáncer con los autores del estudio investigaron la posibilidad de utilizar la prueba de aberración cromosómica como método de biomonitoreo para los trabajadores sanitarios expuestos a radiaciones ionizantes.

La prueba puede ayudar a identificar a los trabajadores con mayor riesgo de cáncer donde se estudió a trabajadores de la salud para determinar si dosis bajas de radiación ionizante tienen efectos directos sobre el ADN, el contenido de la encuesta incluye información como edad, sexo, nivel educativo, experiencia laboral, antigüedad en el instituto y puesto actual, también preguntaron sobre la exposición a radiaciones ionizantes en otros lugares de trabajo, así como sobre otros factores de riesgo de cambios cromosómicos, como medicamentos, tabaquismo, actividades de ocio, accidentes por radiación, antecedentes familiares de cáncer y enfermedades crónicas.

Finalmente, los datos dosimétricos se recopilaban de un dosímetro directo de termoluminiscencia Luxel suministrado por Landauer Corporation, Glenwood, IL, EE. UU, el TLD registra las dosis de radiación mensuales recibidas por los empleados, el resultado fue una



media de 1,93 aberraciones por segundo, sujeto en comparación con el período de exposición y la presencia de aberraciones, y se encontró que: 39% durante el período de exposición de 1 a 10 años, 27% durante el período de exposición de 11 a 20 años, 46% durante el período de 21 a 30 años, con la exposición, se concluyó que además de la dosimetría, se debe realizar biomonitorio a los trabajadores expuestos.

Por otra parte, la tesis de investigación de Guido Marcelo Rincón Arévalo (Herramienta para predecir el riesgo por exposición a radiaciones en trabajadores, 2021), ha desarrollado una herramienta para ayudar a predecir el riesgo de exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores de la salud, se basa en el aprendizaje continuo que utiliza datos históricos, como empleados únicos y la información IPS.

Esta herramienta se puede utilizar para prevenir la exposición continua a las radiaciones ionizantes cumpliendo con los estándares de seguridad con los datos utilizados para desarrollarla se obtienen de empresas del sector salud, así mismo los resultados ayudan a mejorar la evaluación de los riesgos de seguridad y salud laboral en la industria, teniendo en cuenta las características de la actividad económica, que en este caso sería el sector salud con el uso de radiaciones ionizantes para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, la dosis de radiación recibida por los trabajadores y el entorno laboral depende de factores como el uso inadecuado de los equipos de protección personal, la falta de calibración de los equipos emisores o las fugas ambientales. (Herramienta para predecir el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes, 2021)

Para utilizar el código desarrollado, el programa reconoce los datos obtenidos y los ejecuta, los resultados se muestran en una gráfica, se informa al gerente de seguridad laboral o al médico de salud ocupacional para su interpretación y control adicional, la implementación de estos modelos en la práctica clínica puede ayudar a proporcionar mejores controles y métodos de prevención para optimizar la toma de decisiones profesionales, esto se debe a que toda esta



información médica proviene de diferentes plataformas, personas y archivos que necesita ser comprendida, preparada y organizada.

Igualmente, se tiene un artículo producto de la investigación que realizó un grupo de estudiantes de la universidad Simón Bolívar (Riesgos con energía ionizante en trabajadores de la salud, 2015), el cual es un estudio para analizar los factores de riesgo que enfrentan los trabajadores que, son expuestos con radiaciones ionizantes en hospitales, centros de salud e IPS, El estudio se centró en la radiología, Por esta razón se realizaron encuestas a los trabajadores sobre la calidad de su vida laboral, su motivación y sentido de pertenencia, y su conocimiento de las normas, el propósito del estudio fue conocer si las estrategias organizacionales de estas instituciones tienen un efecto positivo o negativo en los trabajadores.

Así mismo, la Revista Colombiana de Cardiología de Medellín (2020) (Riesgo cardiovascular relacionado con la radiación, 2019) publicó un artículo especial sobre la relación entre la exposición de los trabajadores de la salud a las radiaciones ionizantes y la salud cardiovascular, en el artículo citó dos estudios recientes que aportan nueva información sobre este tema, el primer estudio, realizado en Canadá, evidenció que los trabajadores expuestos a diversos tipos de radiación tienen un mayor riesgo de morir por enfermedades cardiovasculares, este riesgo aumenta con la dosis de radiación recibida, otro estudio realizado en Estados Unidos encontró que los técnicos de imágenes diagnósticas que se sometieron a procedimientos guiados por fluoroscopia tenían un 34 por ciento más de probabilidades de sufrir un derrame cerebral que aquellos que no lo hicieron, estos estudios muestran que la exposición a la radiación ionizante puede causar efectos adversos sobre la salud cardiovascular de los trabajadores de la salud (Revista Colombiana de Cardiología, 2020)

Aunque algunos estudios demuestran que la exposición a radiaciones ionizantes no afecta a los humanos, afecta considerablemente el riesgo de enfermedad cardiovascular y es importante



recordar que la enfermedad cardiovascular es compleja e influenciada por varios factores, como el modular, estos generan riesgo como la disfunción endotelial, la inflamación y coagulación sanguínea, que puede afectar las manifestaciones clínicas de la enfermedad cardiovascular.

En particular, la exposición a la radiación ionizante puede afectar el desarrollo, Aterosclerosis temprana, una enfermedad en la que se acumula placas de grasa en las arterias, esta acumulación de placa puede causar muchos problemas de salud, entre ellos: Los ejemplos incluyen accidente cerebrovascular, enfermedad cardíaca y angina de pecho.

Hay evidencia preliminar que propone que la exposición a radiación ionizante alcanza a causar un proceso fisiopatológico que incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares en el personal de salud, estos hallazgos deben ser evaluados cuidadosamente para determinar su alcance y relevancia. Si se confirma la relación, es importante implementar y fortificar las medidas de protección contra la radiación para evitar que los trabajadores de la salud desarrollen enfermedades relacionadas con la radiación (Efectos de la radiación sobre la salud, s.f.)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar los efectos asociados al riesgo por exposición a radiaciones ionizantes en el personal de radiología en instituciones prestadoras de salud en Colombia durante los años 2015-2025, por medio de una revisión literaria, conociendo las medidas de control aplicadas necesarias para mitigar la aparición de enfermedades a corto, mediano y largo plazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer sobre los efectos en la salud que producen las radiaciones ionizantes en el personal de radiología, en los últimos diez años.



- Apreciar los efectos posibles a corto, mediano y largo plazo que afectan la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en el área de radiología, en los últimos diez años.
- Determinar las medidas de control necesarias para mitigar la aparición de enfermedades laborales en el personal que trabaja en el sector de radiología, en los últimos diez años.

JUSTIFICACIÓN

La radiología cumple un papel fundamental en el área de la medicina; sin embargo, la exposición a radiaciones ionizantes en este sector es un riesgo latente para los profesionales como radiólogos, técnicos y auxiliares de radiología.

Con esta investigación, se busca ampliar los conocimientos sobre los efectos generados por la exposición constante a radiaciones ionizantes en la radiología, y cuáles son las medidas de control que actualmente se implementan para minimizar los riesgos por lo que se hace importante abordar en este tema, ya que muchos profesionales se encuentran en situación de vulnerabilidad ante este riesgo.

Esta rama es especialmente de gran ayuda para la medicina y la ciencia, por su facilidad de realizar los trabajos rutinarios, siendo utilizada en el mayor de los casos en rayos X, imágenes diagnósticas y tomografías.

Si bien es cierto, las radiaciones ionizantes cumplen funciones importantes en detección de patologías, aunque sin controles eficientes y una exposición de manera desmedida, puede traer consigo daños a la salud, según estudios estos daños se encuentran clasificados de la siguiente manera en 2 grupos: Somáticos (personas con contacto directo) o hereditarios (descendencia de personas con contacto directo) (Morales-Aramburo, 2020)



La OMS en conjunto con otras organizaciones actualmente promueven normas básicas internacionales de seguridad, con el fin de minimizar los casos por enfermedades producidas por las radiaciones ionizantes, incluidas las causadas por temas médicos. (Choachí, 2022)

Estudios realizados en varios países del mundo, con el fin de identificar la influencia de la exposición en el personal, demuestran que la población expuesta se encuentra entre los 30 y 70 años, y genera algunas alteraciones como de la hormona estimulante de tiroides, el cáncer de mama que también fue identificado como patología por exposición a radiaciones ionizantes. (Choachí Díaz, 2021)

MARCO TEÓRICO

APARICIÓN DE LOS RAYOS X Y LA RADIOACTIVIDAD

El 8 de noviembre de 1895, el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, descubrió los rayos X mientras experimentaba con rayos catódicos y una bombilla de vidrio al vacío el físico observó que en el momento en que la corriente eléctrica pasaba a través de una bombilla, producía un efecto fluorescente, fenómeno que también ocurría en la película fotográfica, con el descubrimiento de este rayo de luz que puede penetrar la materia, surgió el diagnóstico por imágenes médicas, mejorando enormemente la práctica médica. (Academia nacional de medicina de Colombia, 2021)

Por otro lado en 1986, a través de las investigaciones de Henri Becquerel, Pierre y Marie Curie se descubrió el fenómeno llamado radiactividad en el cual se aplicó en los siguientes años en el sector de la medicina; se tomaron las primeras capturas de un feto en el útero de su madre y se utilizó en la rama de odontología, donde se evidenciaron cambios agudos descritos por el odontólogo William Herbert Rollins quien describió alrededor de 200 efectos adversos a la



salud; como pérdida de cabello, quemaduras en la piel, lesiones ulcerativas en las manos y aparición de enfermedades tumorales crónicas. (Cano, 2021)

RADIACIÓN IONIZANTE

Valeria Patricia Ávila Carrillo en su artículo “Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales” describe la radiación ionizante como la capacidad de las frecuencias electromagnéticas naturales o compuestas, de crear iones en su interacción con la materia, de igual manera menciona que estas radiaciones, como los rayos X, se utilizan comúnmente en la industria, la agricultura y la medicina, especialmente en procedimientos de diagnóstico médico. (Carrillo, 2021)

También Martha L. Bonilla y Valentina P. Dueñas señalan en su estudio que la radiación ionizante es aquella que tiene la energía suficiente para ionizar la materia, es decir, extraer electrones de los átomos, formando iones. Este proceso puede dañar las células vivas, especialmente el ADN, y aumentar el riesgo de cáncer. En el estudio se destacó que el RI es un carcinógeno reconocido y que el sistema sanguíneo es particularmente sensible a sus efectos nocivos. (Dueñas, 2018)

RADIACIÓN NO IONIZANTE

La autora Yesica A. Cárdenas y demás autores afirman que la radiación no ionizante se refiere a una clase de energía que viaja a través de ondas, como las que generan los electrodomésticos, luces solares o las antenas, a diferencia de radiaciones más potentes, esta no posee la energía necesaria para alterar la composición de los átomos o afectar el ADN de las personas directamente. Aunque se suele pensar que es menos riesgosa, una exposición prolongada o excesiva puede causar problemas de salud. (Yesica Alejandra Cardenas, 2018).



TEORÍA AUTOR NACIONAL

El impacto ionizante de los rayos x se relaciona con la cantidad de radiación (energía) absorbida y la radio sensibilidad de las células, además mencionan en su estudio que la radiación transfiere energía a las moléculas de las células que constituyen el tejido en consecuencia de esta interacción, la función celular puede alterarse en un tiempo determinado, o incluso provocar la muerte celular, la gravedad del daño se determina con el tipo de radiación a la cual se expone la persona. (Leonor Fuentes Puebla, 2015)

En el estudio, Los efectos derivados de la exposición radiación ionizante en los dispositivos quirúrgicos, Juan Esteban Barrios Villegas y sus coautores adoptan un enfoque crítico ante el uso progresivo de tecnologías que emiten radiación ionizante (RI) en entornos quirúrgicos, los autores hacen hincapié en que la radiación infrarroja es uno de los riesgos más altos que enfrenta el personal médico, debido a que puede ser la causal de efectos biológicos adversos a corto, mediano y largo plazo; incluyendo lesiones en la piel, cataratas, infertilidad, hipotiroidismo, síndrome de radiación aguda y mayor riesgo de neoplasias malignas sólidas y hematológicas, los autores destacaron la necesidad de comprender los conceptos básicos y actuales de las (RI) y la exposición de los profesionales de la salud en los diferentes campos de la medicina. (Barrios,2021).

TEORÍA AUTOR INTERNACIONAL

El estudio realizado por el señor Juan Carlos Cantos Vences en el año 2021 (Carlos, 2021) se centra en la implementación de medidas de protección adecuadas para proteger la salud de las personas expuestas a radiaciones ionizantes en los lugares de salud, el autor remarca la necesidad de capacitación continua y la aplicación obligatoria de protocolos de seguridad para minimizar el riesgo de exposición las radiaciones. Cantos Vences resalta que la protección

radiológica no sólo depende de la disponibilidad de equipos de protección, sino también de la concientización y responsabilidad del personal médico y técnico. (Vinces, 2021).

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La radio protección es un mecanismo de control que actúa como una barrera de mitigación entre la fuente de radiación ionizante y el cuerpo humano. En 2022 Adriana P, Cuadrado presentó el “Manual de Actuación para Pacientes y Personal para Evitar los Efectos de la Radiación en las Imágenes Diagnósticas”, consciente que la exposición a RI es cada vez más frecuente debido al uso de generadores de rayos X, por ello, resaltó la importancia de la prevención y protección a través de la educación continua y la implementación de técnicas ocupacionales para la protección personal de la persona expuesta (Gaspar, 2022).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

De acuerdo con la Guía número SSG-46 de 2018, existen tres límites de dosis para el personal que trabaja en radiología diagnóstica y procedimientos intervencionistas guiados por imágenes, límite de dosis efectiva y límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel y las extremidades, los dosímetros que utilizará el personal se utilizarán para estimar la cantidad o cantidades para los límites de dosis. (OIEA, 2022).

EXPOSICIÓN PLANIFICADA – OCUPACIONAL	
TRABAJADORES MAYORES A 18 AÑOS	• Dosis efectiva: 20 mSv al año en promedio, durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años) y de 50 mSv en un año cualquiera • Dosis equivalente en cristalino: 20 mSv al año en promedio. durante cinco años consecutivos (100 mSv en 5 años) y de 50 mSv en un año cualquiera

	Dosis equivalente en extremidades (manos – pies - piel): 500 mSv en un año. Nota: En caso de trabajadoras en estado de gestación se debe de aplicar restricciones adicionales, debido a que no pueden estar expuestas a radiación.
APRENDICES DE ENTRE 16 Y 18 AÑOS	- Dosis efectiva: 6 mSv en un año - Dosis equivalente en cristalino: 20 mSv en un año - Dosis equivalente en extremidades (manos – pies - piel): 150 mSv en un año
EXPOSICION DEL PUBLICO	
PÚBLICO	- Dosis efectiva: 1 mSv en un año - Dosis equivalente en cristalino: 15 mSv en un año - Dosis equivalente en piel: 50 mSv en un año

Tabla 1: *Limites de exposición.*

MARCO LEGAL

En Colombia, el **marco legal de exposición a radiaciones ionizantes en el área de radiología** está regulado por una combinación de normas internacionales adoptadas por el país, leyes nacionales, decretos, resoluciones y guías técnicas, este marco tiene como objetivo proteger tanto a los trabajadores como al público y a los pacientes frente a los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. A continuación, te detallo las principales normas vigentes:

Norma	Análisis
-------	----------



Ley 9 de 1979	Establece la protección de la salud en todos los aspectos, incluyendo los riesgos ocupacionales por radiaciones.
Decreto 4741 de 2005 (Gestión integral de residuos peligrosos)	Incluye disposiciones sobre residuos radiactivos generados en radiología e instalaciones médicas.
Decreto 1072 de 2015	Obliga a las empresas a implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), aplicable también al personal expuesto a radiaciones.
Decreto 1376 de 2020	Regula el uso y control de fuentes radiactivas huérfanas y equipos generadores de radiación que han perdido control regulatorio.
Resolución 2400 de 1979	Aunque es anterior a algunas regulaciones modernas, sigue vigente en aspectos de higiene industrial y condiciones mínimas de seguridad, incluyendo radiaciones.
Resolución 1164 de 2002 (Ministerio de Salud)	Establece el Reglamento Técnico de Radio protección en instalaciones médicas, incluyendo límites de dosis, zonas controladas, y medidas de protección radiológica.



Diseño Metodológico (Ministerio de Minas y Energía - UPME)	Regula el uso seguro de fuentes radiactivas en prácticas médicas, industriales y de investigación.
Resolución 2117 de 2011	Requiere el registro de equipos generadores de radiación ionizante, incluyendo los de diagnóstico por imágenes.
Resolución 482 de 2018	Define los requisitos para el licenciamiento de servicios de radiología e imágenes diagnósticas.

Tabla 2: *Normatividad Aplicable.*

DISEÑO METODOLÓGICO

La siguiente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, dado que busca analizar y cuantificar de manera clara y objetiva los efectos secundarios reportados por la exposición a radiaciones ionizantes del personal de radiología, el enfoque resulta adecuado por las siguientes razones:

- **Medición numérica de variables:** Permite cuantificar la frecuencia y tipología de los efectos secundarios documentados en la literatura científica, así como la prevalencia de diferentes medidas de control implementadas.
- **Enfoque de investigación:** Cuantitativo.

- **Análisis estadístico de la información:** Ayuda a el procesamiento sistemático de los datos extraídos de los 60 estudios analizados en la matriz, donde se evaluaron 43 de ellos de los últimos 10 años, posibilitando la identificación de patrones, tendencias y relaciones entre variables
- **Objetividad en el análisis:** Minimiza los sesgos interpretativos al basarse en datos concretos extraídos de investigaciones previamente realizadas y documentadas
- **Generalización de resultados:** Permite conocer hallazgos a poblaciones similares de trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes en contextos radiológicos
- **Diseño de investigación:** No experimental transversal, justificado por los siguientes aspectos:
 - **Observación sin manipulación:** La investigación se basa en el análisis de estudios ya realizados, sin manipulación deliberada de variables, observando el fenómeno tal como se presenta en la literatura científica.
 - **Dimensión temporal definida:** Se analiza la información recopilada en un único momento (estudios publicados entre 2015-2025), representando un corte transversal del conocimiento disponible sobre el tema.
 - **Imposibilidad ética de experimentación:** Dada la naturaleza del fenómeno estudiado (efectos nocivos de radiaciones), resulta éticamente inadecuado emplear diseños experimentales que impliquen exposición controlada.
 - **Recopilación documental:** El diseño se fundamenta en el análisis sistemático de las pruebas documentales presentes en la matriz de análisis, sin un seguimiento longitudinal, este diseño no experimental transversal permite maximizar el uso de la información disponible en la literatura científica para responder a la pregunta

de investigación, sin incurrir en problemas éticos asociados a la experimentación con radiaciones ionizantes.

- **Alcance del estudio:** Fundamentalmente descriptivo, ya que se centra en:
 - **Caracterización detallada del fenómeno:** Se busca especificar las propiedades, características y perfiles importantes relacionados con los efectos secundarios de la exposición a radiaciones ionizantes en personal de radiología.
 - **Identificación de patrones:** Se pretende describir tendencias identificables en la literatura científica respecto a sintomatología, enfermedades y factores de riesgo asociados.
 - **Categorización sistemática:** Se organizan y clasifican los diversos efectos según su tipología (determinísticos/estocásticos), temporalidad (corto/largo plazo) y sistemas corporales afectados.
 - **Documentación de medidas de control:** Se describen los protocolos y estrategias de prevención implementados según la evidencia científica recopilada, es apropiado teniendo en cuenta que, a pesar del conocimiento previo sobre el asunto, aún se mantiene la necesidad de describir con más exactitud los efectos secundarios específicos y las estrategias de control más eficaces en el contexto actual y especialmente en el contexto de Colombia.
- **Población:** La población objeto de este estudio está constituida por 46 investigaciones científicas realizadas que abordan los efectos de la exposición a radiaciones ionizantes en personal del sector salud, particularmente en el área de radiología, estos estudios fueron seleccionados mediante un proceso de revisión bibliográfica sistemática en bases de datos científicas reconocidas como PubMed, SciELO, Google Scholar, entre otras.

- **Criterios de inclusión:** Se incluyeron en el análisis aquellos estudios que cumplieran con los siguientes criterios:
 - **Temática específica:** Investigaciones centradas en los efectos de la radiación ionizante en personal del sector salud.
 - **Temporalidad:** Estudios publicados entre 2015 y 2025.
 - **Tipo de documento:** Artículos científicos, tesis, informes técnicos y guías de seguridad elaborados por organismos reconocidos.
 - **Idioma:** Documentos en español o inglés.
 - **Accesibilidad:** Textos completos disponibles para su análisis integral.
- **Relevancia:** Estudios que abordan al menos uno de los siguientes aspectos:
 - Efectos secundarios de la exposición a radiación ionizante
 - Protocolos de seguridad y medidas de control
 - Normatividad relacionada con la protección radiológica
 - Criterios de exclusión
- **Se excluyeron del análisis:**
 - Investigaciones realizadas únicamente en pacientes (no en personal laboralmente vinculado).
 - Investigaciones con metodologías no explícitas o cuestionables.
 - Documentos sin referencias bibliográficas o respaldo científico adecuado.
 - Artículos de opinión sin evidencia empírica.
 - Estudios duplicados o con información redundante.
 - Análisis sociodemográfico de los estudios incluidos
 - La muestra final de 46 estudios analizados presenta las siguientes características:
- **Distribución geográfica**
 - América latina: 27 estudios
 - Estados Unidos: 12 estudios
 - Otros países: 4 estudios

- **Tipo de documento**

- Artículos científicos: 32 estudios (53.3%)
- Tesis/trabajos académicos: 15 estudios (25%)
- Informes técnicos/guías: 10 estudios (16.7%)
- Otros formatos: 3 estudios (5%)

- **Diseño metodológico de los estudios**

- Revisiones sistemáticas/narrativas: 22 estudios (36.7%)
- Estudios observacionales: 18 estudios (30%)
- Estudios descriptivos: 12 estudios (20%)
- Otros diseños: 8 estudios (13.3%)

Esta distribución garantiza una representatividad adecuada en términos geográficos, temporales y metodológicos, permitiendo una visión integral del fenómeno estudiado con énfasis en el contexto colombiano actual.

- **Instrumentos**

Para el desarrollo de esta investigación, se diseñó y utilizó un instrumento principal de recolección de información denominado Matriz de Análisis de Estudios sobre Radiaciones Ionizantes, el cual permitió sistematizar, categorizar y analizar la información contenida en los 46 estudios seleccionados.

- **Descripción del instrumento**

La matriz de análisis constituye una herramienta estructurada que consta de 15 campos o variables para cada estudio, permitiendo la extracción sistemática de información relevante. Los campos principales incluyen:

Datos de identificación del estudio:

- Número de registro
- Nombre del revisor
- Título del artículo



- Año de publicación
- Objetivos del artículo
- Características metodológicas
- Tipo de documento
- Idioma
- Tipo de estudio realizado
- Población objeto de estudio
- Muestra utilizada
- País donde se realizó el estudio

Variables específicas relacionadas con radiaciones ionizantes:

- Síntomas identificados derivados de la exposición
- Registro de aparición de enfermedades o accidentes laborales
- Protocolos de seguridad implementados para el personal expuesto
- Métodos de control de los niveles de radiación
- Observaciones adicionales

FASES DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la presente investigación se estructuró en cinco fases metodológicas secuenciales, garantizando un proceso sistemático y riguroso:

Fase 1: Planificación y diseño.

1. Definición del problema y alcance:

- Formulación de la pregunta de investigación
- Establecimiento de objetivos general y específicos
- Delimitación del alcance temporal y temático

2. Diseño metodológico inicial:

- Selección del enfoque cuantitativo
- Determinación del diseño no experimental transversal



- Elaboración preliminar de la matriz de análisis

3. Revisión bibliográfica exploratoria:

- Identificación de fuentes potenciales de información
- Establecimiento de criterios preliminares de inclusión/exclusión
- Consulta de bases de datos y repositorios institucionales

Fase 2: Recopilación y selección documental.

1. Búsqueda sistemática

- Implementación de tácticas de exploración en bases de datos científicas
- Utilización de palabras clave: "radiación ionizante", "efectos secundarios", "radiología", "protección radiológica", "personal sanitario"
- Consulta a organismos especializados (OMS, ICRP, OIEA, CSN)

2. Filtrado y selección

- Aplicación de criterios de inclusión/exclusión
- Revisión de títulos y resúmenes
- Recopilación de textos completos
- Comprobación de la calidad metodológica

3. Administración de documentos

- Orden de documentos escogidos
- Elaboración de una base de datos bibliográfica
- Organización según temas y pertinencia

Fase 3: Recopilación de datos y diligenciamiento de instrumento

1. Obtención sistemática de datos



- Examinación exhaustiva de cada documento
- Implementación de la matriz para los 60 estudios seleccionados.
- Comprobar información cruzada para garantizar exactitud y coherencia en relación a la respuesta investigativa.

2. Documentación del procedimiento

- Documentar las decisiones metodológicas
- Verificación de problemas y soluciones
- Verificación de la integridad de los datos

Fase 4: Evaluación e interpretación de los resultados obtenidos

1. Procesamiento estadístico descriptivo

- Tabulación de frecuencias y porcentajes
- Creación de cuadros de contingencia
- Exhibición visual de los resultados principales

2. Análisis categorial:

- Clasificación y categorización de efectos adversos
- Detección de posibles efectos secundarios
- Reconocimiento de posibles efectos secundarios

Fase 5: Desarrollo del informe definitivo y conclusiones

1. Estructuración del informe

- Organización de secciones según esquema establecido
- Redacción de resultados por objetivos
- Elaboración de discusión contrastando con literatura

2. Validación y revisión



- Verificación de coherencia interna
- Comprobación de respuesta a objetivos
- Revisión de estilo y formato

3. Finalización

- Elaboración de conclusiones y recomendaciones
- Preparación de anexos y material complementario
- Revisión final y ajustes

Esta estructura metodológica en fases garantiza un proceso sistemático y riguroso, permitiendo abordar la complejidad del fenómeno estudiado de manera integral y coherente con los objetivos de investigación planteados.

ASPECTOS ÉTICOS

La siguiente investigación, se centra en el análisis documental de estudios previamente publicados, contempla consideraciones éticas específicas orientadas a garantizar la integridad académica y el respeto por la propiedad intelectual, a continuación, se detallan los principios éticos que guiaron el desarrollo del trabajo:

- **Validez científica y social:** El propósito de la investigación es generar un conocimiento significativo sobre los efectos de la exposición a radiaciones ionizantes en el equipo de radiología.
- **Rigor metodológico:** Se garantizó la aplicación de una metodología sistemática y transparente, documentando cada fase del proceso investigativo para asegurar su reproducibilidad.



- **Honestidad intelectual:** Se mantuvieron los más altos estándares de integridad académica, evitando interpretaciones sesgadas o manipulación de datos para favorecer determinadas conclusiones.
- **Respeto a la propiedad intelectual:** Se implementaron las siguientes medidas para asegurar el adecuado reconocimiento de las contribuciones previas:
- **Citación apropiada:** Todas las fuentes consultadas fueron debidamente citadas siguiendo las normas APA 7ª edición, tanto en el texto como en las referencias bibliográficas.
- **Evitación del plagio:** Se utilizaron herramientas de verificación de originalidad para garantizar que no existieran apropiaciones indebidas de texto o ideas ajenas
- **Fidelidad a las fuentes originales:** Se mantuvo la fidelidad a los contenidos y conclusiones de los estudios analizados, evitando distorsiones o descontextualizaciones
- **Manejo responsable de la información:** El tratamiento de la información obtenida de los estudios analizados se realizó bajo los siguientes principios:
- **Objetividad:** Se procuró un análisis imparcial de los datos, independientemente de posibles intereses o posiciones personales de los investigadores.
- **Transparencia:** Se documentaron todas las decisiones metodológicas y criterios aplicados en la selección y análisis de los estudios.
- **Confidencialidad:** Aunque se trabajó principalmente con información publicada, se respetó la confidencialidad de datos sensibles que pudieran estar presentes en los estudios analizados.
- **Cumplimiento normativo:** La investigación se desarrolló en conformidad con la siguiente normativa colombiana:

- **Ley 1090 de 2006:** donde se reglamenta el ejercicio de la profesión de Psicología, donde el Código Deontológico y Bioético y otras disposiciones, se dan a partir de los principios éticos de responsabilidad, competencia, estándares morales y legales
- **Ley 1581 de 2012:** Que establece normas generales para la salvaguarda de la información personal. En la gestión de la información, se honran los principios de libertad, veracidad, transparencia, acceso y circulación limitada
- **Decreto 1377 de 2013:** Regula de manera parcial la Ley 1581 de 2012. Se aplicaron las disposiciones relevantes sobre el tratamiento de la información
- **Consentimiento informado:** Aunque la investigación se basa en el análisis de documentos publicados y no involucra participantes humanos directos, se implementaron las siguientes medidas equivalentes al principio de consentimiento:
 - **Respeto por las autorías originales:** Se reconoce claramente la autoría de cada estudio analizado, respetando las conclusiones y hallazgos originales.
 - **Claridad en la utilización de la información:** Se estableció de manera explícita el objetivo académico de la investigación y la utilización que se realizaría a los datos obtenidos de las investigaciones.
 - **Declaración de conflictos de interés:** Los investigadores declararon no tener conflictos de interés que pudieran negar el análisis o las conclusiones del estudio.

RESULTADOS

RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Recolectar información literaria sobre los efectos en la salud que producen las radiaciones ionizantes en el personal de radiología, en los últimos 10 años.



En esta investigación se utilizó como herramienta una Matriz de revisión literaria donde se estudiaron 60 fuentes literarias que abordan los efectos de la radiación ionizante en el sector de radiología (Estudios, artículos, guías, manuales, informes, revistas y libros) de diversos autores y periodos de tiempo, sin embargo, la investigación se enfocó en la revisión de los últimos 10 años, por lo tanto, con la gráfica antes expuesta se define a partir de 45 fuentes literarias lo siguiente:

1. **Predominio de estudios y artículos científicos:** A partir de 2018, los estudios en color azul se vuelven más rutinarios con un aumento en 2023 y 2024 de hasta cinco publicaciones lo que evidencia que ha crecido en un interés en el tema, los artículos científicos en el color rojo también aumentan, especialmente en 2021 y 2022.

2. **Poca presencia de documentos técnicos o normativos:** Las guías en verde claro, los manuales en celeste y los informes en gris aparecen de forma esporádica y en menor cantidad, lo que indica que hay pocos materiales institucionales o prácticos consolidados sobre el tema.
3. **Escasa aparición de libros y revistas:** Las publicaciones en libros en azul oscuro y en revistas en color naranja son limitadas y hay muchas, lo que sugiere que el conocimiento sobre el tema se está generando más a través de investigaciones puntuales que en obras compiladas o ediciones periódicas.
4. **Tendencia en el tiempo:** Desde 2018 se nota un aumento sostenido en la producción de literatura, sobre todo en estudios y artículos, posiblemente por los avances tecnológicos, una mayor conciencia sobre los riesgos ocupacionales o nuevas exigencias en bioseguridad en radiología.



Ilustración 2: *Efectos secundarios más mencionados en los estudios.*

Se realizó la investigación de 60 artículos literarios, en este apartado solo se tuvo en cuenta el análisis de 43 estudios los cuales se realizaron en la última década (2015-2025); en

estos se identificaron cuáles son los efectos en la salud más frecuentemente asociados a la exposición a radiaciones ionizantes; siendo mencionado con mayor frecuencia el cáncer, con un 28% de todos los estudios, lo que indica una alerta sobre la relación entre la radiación y el desarrollo de enfermedades neoplásicas.

Seguido a eso, el daño cutáneo de 27%, la infertilidad 18% y las alteraciones del ADN 18%, todos ellos indicadores de graves daños celulares y genéticos. Finalmente, el daño retiniano se reportó en el 9% de los estudios, lo que indica un efecto menor, pero no despreciable, en la salud ocular.

Estos datos permiten dar a conocer que los efectos más críticos de la radiación ionizante están relacionados con la carcinogénesis, el daño genético y reproductivo, y las enfermedades cutáneas y oculares.

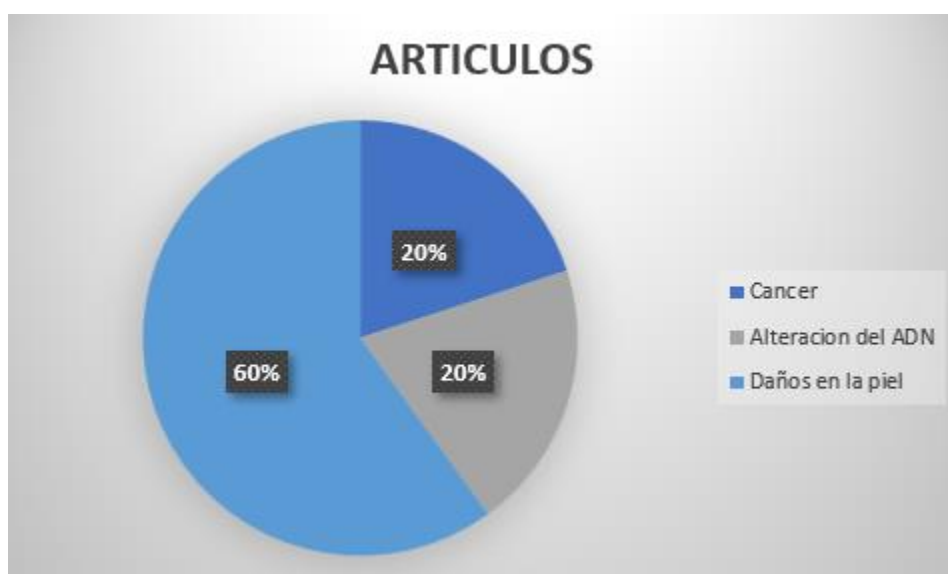


Ilustración 3: *Efectos secundarios más mencionados en los artículos.*

La gráfica presenta los efectos secundarios identificados con más recurrencia en 9 artículos científicos de los últimos 10 años, relacionados con la exposición a radiaciones ionizantes en el personal de radiología. El efecto más reportado son los daños en la piel, con un

60% de las menciones, lo cual indica que este tipo de afección es una preocupación recurrente en la literatura consultada.

Tanto el cáncer como la alteración del ADN aparecen en segundo lugar con un 20% cada uno, lo que sugiere que, aunque también son efectos relevantes, reciben menor atención en comparación con las afectaciones cutáneas. Esta distribución evidencia que los efectos visibles y de manifestación temprana como los cutáneos podrían estar siendo más documentados o más fácilmente detectables en el ámbito ocupacional.

Con respecto a lo anterior se deduce que hay una mayor cantidad de estudios realizados donde se profundizó la investigación y análisis de los efectos secundarios que la radiación ionizante tiene sobre el personal médico del área de radiología, lo que equivale aun mayor de número de artículos (23). Es por eso que se evidencia un número menor de artículos (9) que aunque revela información clave, no profundiza en el problema raíz (efectos de la radiación ionizante).

RESULTADO OBJETIVO ESPECÍFICO 2.

Analizar los efectos posibles a corto, mediano y largo plazo que afectan la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en el área de radiología, en los últimos 10 años.



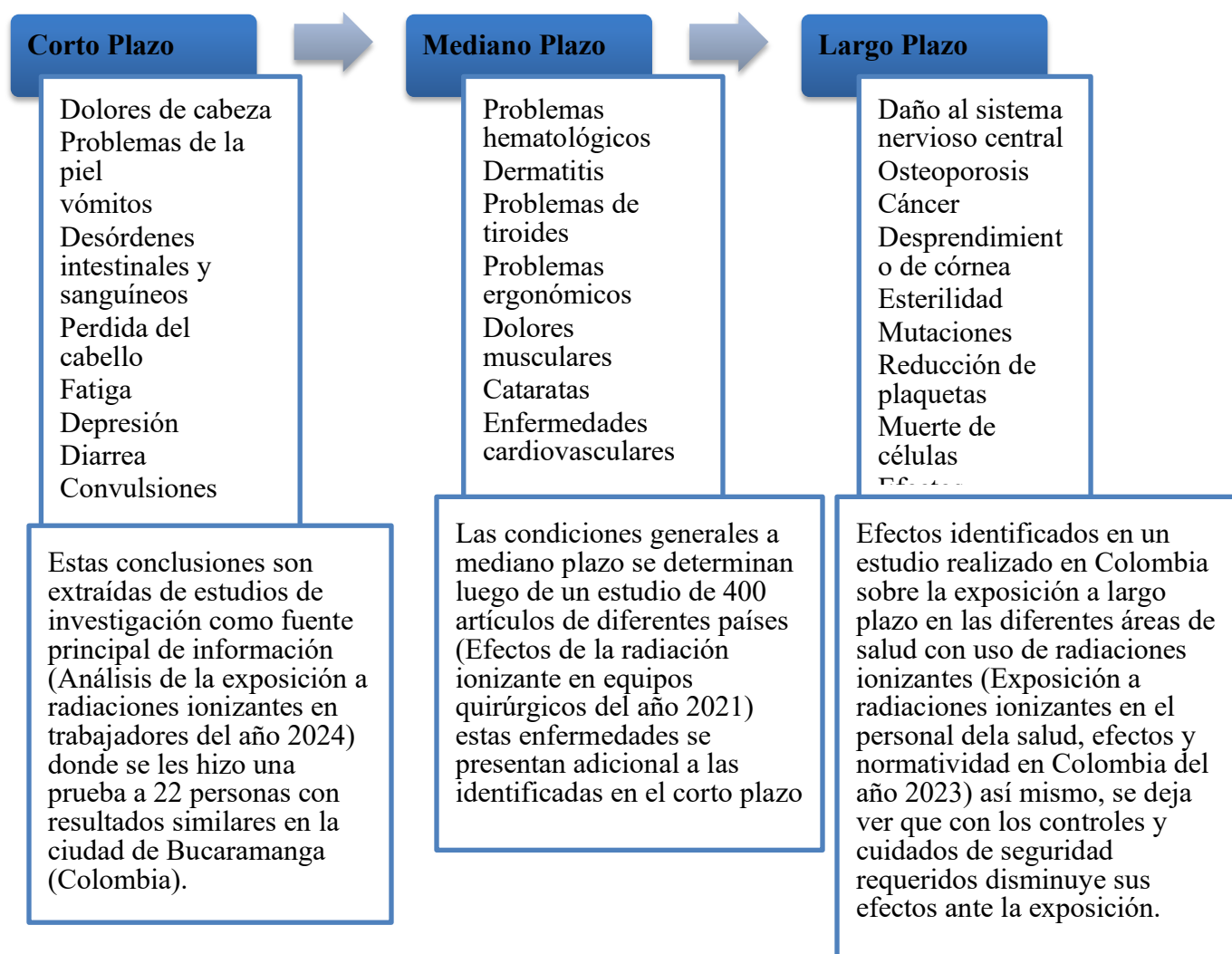


Ilustración 4: Efectos a corto, mediano y largo plazo.

RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECÍFICO 3.

Determinar las medidas de control necesarias para mitigar la aparición de enfermedades laborales en el personal que trabaja en el sector de radiología, en los últimos diez años.

Dentro de este objetivo, se encuentran algunas categorías asociadas a las medidas de control que se utilizan mayormente.

Categoría de control	Descripción general	Frecuencia de datos encontrados en el análisis
Dosimetría / Monitoreo	Uso de dosímetros, monitoreo constante, vigilancia individual o ambiental	12
EPP (Equipos de Protección Personal)	Uso de gafas, delantales plomados, protectores tiroideos, guantes, etc.	9
Tiempo, Distancia, Blindaje (Principios básicos)	Aplicación del principio ALARA, reducción del tiempo de exposición, aumento de distancia, uso de barreras	7
Protocolos / Normativas / Reglamentos	Cumplimiento de normativas como el Reglamento de Protección Radiológica, guías de seguridad, protocolos	6
Capacitación / Educación	Programas educativos, sensibilización del personal, formación técnica	3
No se menciona / No especifica / No aplica / Vacío	El artículo no reporta o no aplica medidas de control específicas	18
Otras prácticas (bioseguridad, estudios bioquímicos, etc.)	Medidas adicionales como biomonitoreo, estudios médicos, prácticas preventivas diversas	5

Tabla 3: Mediciones de control

Metodos de Control



Tendencias: En la gráfica de participación porcentual de la toma de decisiones, muchos de los textos guías del 30%, no tienen una parte en la que hablan de las medidas que tomaron para controlar la radiación, como segunda fuerza en frecuencia de acción observamos la toma de dosis, esta decisión se ve relacionada a saber si están bajo los niveles seguros, ya que muchos no fueron estudios de ensayo y error, sino que se habla de estudios de casos donde habían ocurrido accidentes, y como tercera frecuencia tenemos al uso de equipo adecuado, esto se ve justificado para aquellas personas que trabajan en el área de imagenología, que es el eje central de este trabajo, estos datos fueron encontrados bajo la investigación realizada y están soportados en la matriz de artículos.

CONCLUSIONES

La investigación científica de los últimos diez años sugiere que la exposición laboral a radiación ionizante en empleados del sector sanitario, especialmente en aquellos que se involucran de manera habitual en procedimientos de intervención radiológica, está asociada con la expresión de efectos perjudiciales a corto plazo para la salud, entre los efectos más comúnmente documentados se encuentran las lesiones cutáneas (eritema localizado y descamación), alteraciones hematológicas y manifestaciones neurológicas de carácter leve y transitorio (cefaleas, mareos, deterioro cognitivo sutil) y los efectos a largo plazo el efecto más común son el cáncer, daños en el sistema nervio, cataratas, alteraciones en el ADN, esterilidad, etc.

Los estudios muestran que a mayor exposición a la radiación, mayor es el riesgo de efectos negativos, de igual forma en la práctica diaria, muchas veces no se registra bien esa exposición, lo que puede ocultar el verdadero impacto, aunque hay normas de protección



radiológica, su aplicación no siempre es efectiva, también hay varios estudios tienen limitaciones como muestras pequeñas o falta de seguimiento, lo que dificulta sacar conclusiones generales, lo que indica que la exposición a radiación ionizante sí afecta la salud de los profesionales, incluso a corto plazo, estos hallazgos corroboran la importancia en los sistemas de supervisión laboral, normalizar las prácticas de dosimetría personal e impulsar programas de formación continua en protección radiológica que incorporen tanto la prevención como la identificación temprana de daño.

- Al momento de realizar el análisis de los artículos investigados, se evidencia que en promedio las mujeres tienen el riesgo de sufrir enfermedades al sistema nervioso central.
- La exposición genera cambios en las partes del ADN y puede ser hereditario en las siguientes generaciones.
- Las barreras de control son efectivas siempre y cuando se usen en los tiempos y de la forma adecuada.
- El uso constante de dosímetros ayuda a la identificación temprana de exposiciones elevadas y previene efectos colaterales en la salud.
- El uso de elementos de protección personal como el chaleco plomado, disminuye considerablemente la exposición y riesgo de sufrir enfermedades.
- Los chequeos médicos de rutina son importantes para la detección temprana de anomalías en la salud.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia nacional de medicina de Colombia. (8 de 11 de 2021). *Historia de la Radiología*.

Obtenido de <https://anmdecolombia.org.co/historia-de-la-radiologia/>

Carrillo, V. P. (15 de 11 de 2021). *introducción*. Obtenido de Alteraciones clínicas en la salud del personal expuesto a radiaciones ionizantes en los hospitales:

<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rsan/v1n50/2528-7907-rsan-1-50-00133.pdf>

Choachí. (2022). *EXPOSICION A RADIACIONES IONIZANTES EN PERSONAL DE LA*

SALUD, REVISIÓN DE ALCANCE DE LA LITERATURA, 2010-2020. (“Exposición a radiaciones ionizantes en personal de la salud, revisión ...”) Obtenido de

<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/2456f453-ead1-437d-b48b-2287cfd67ecf/content>

Dueñas, M. L. (2018). *Radiación ionizante*. Obtenido de Malignidad hematológica secundaria a exposición a dosis bajas de radiación ionizante en personal de salas de hemodinamia:

<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/0dffee1f-0457-4b5d-bf24-8ea141f39c24/content>

Efectos en la salud de las radiaciones ionizantes. (2023). Obtenido de Organización mundial de

la salud: <https://repository.unbosque.edu.co/items/525961ec-e51b-4a10-a8f6-25463ef75f7d>

Exposición ocupacional a radiaciones ionizantes y alteraciones hematológicas. (s.f.). Obtenido

de <https://repository.unbosque.edu.co/items/525961ec-e51b-4a10-a8f6-25463ef75f7d>

Gaspar, A. P. (2022). *Protección radiológica*. Obtenido de Manual de acciones dirigidos a pacientes y trabajadores para evitar los efectos de las radiaciones en imágenes



diagnosticas: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/4eccbe35-5703-4111-baed-5c1b05972a80/content> (“Manual de acciones dirigidos a pacientes y trabajadores para evitar los ...”)

Herramienta para predecir el riesgo por exposición a radiaciones ionizantes. (“Staff View: Herramienta para predecir el riesgo por exposición a ...”) (2021). Obtenido de <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/fbdb4c5a-8945-41b9-8ab4-ab93cbf07508/content>

Informe Anual del OIEA. (2022). Obtenido de https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/reports/2022/gc67-2_sp.pdf

Barrios Villegas, J. S. (13 de 07 de 21). *introducción.* Obtenido de Efectos de la radiación ionizante en equipos quirúrgicos: <file:///C:/Users/USER/Downloads/55-Texto%20del%20art%C3%ADculo-171-1-10-20210828.pdf>

La protección, radiaciones ionizantes. (2020). Obtenido de <https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-02.09+La+protecci%C3%B3n+de+trabajadoras+gestantes+expuestas+a+radiaciones+ionizantes.+Informaci%C3%B3n+dirigida+a+profesionales+m%C3%A9dicos+%28Tr%C3%ADptico%29#:~:text=Son%20ejemplos%20de%20efectos%20determi>

Leonor Fuentes Puebla, S. F. (2015). *introducción.* Obtenido de Efectos biológicos de los Rayos X en la práctica de Estomatología: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1729-519X2015000300011&script=sci_arttext

(2016). *Manual de vigilancia epidemiológica.* Estados Unidos.

Matriz de revisión. (s.f.). Obtenido de [https://poligran-](https://poligran-my.sharepoint.com/:x:/r/personal/slucalderon_poligran_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B6a7eb133-f7a4-4a54-9a28-0e2fec76c722%7D&action=edit&activeCell=%27Hoja1%27!N21&wdinitialsession=77f8751a-65b8-8c78-c231-90d2f222819b&wdrlldsc=4&w)

[my.sharepoint.com/:x:/r/personal/slucalderon_poligran_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B6a7eb133-f7a4-4a54-9a28-](https://poligran-my.sharepoint.com/:x:/r/personal/slucalderon_poligran_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B6a7eb133-f7a4-4a54-9a28-0e2fec76c722%7D&action=edit&activeCell=%27Hoja1%27!N21&wdinitialsession=77f8751a-65b8-8c78-c231-90d2f222819b&wdrlldsc=4&w)

[0e2fec76c722%7D&action=edit&activeCell=%27Hoja1%27!N21&wdinitialsession=77f8751a-65b8-8c78-c231-90d2f222819b&wdrlldsc=4&w](https://poligran-my.sharepoint.com/:x:/r/personal/slucalderon_poligran_edu_co/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B6a7eb133-f7a4-4a54-9a28-0e2fec76c722%7D&action=edit&activeCell=%27Hoja1%27!N21&wdinitialsession=77f8751a-65b8-8c78-c231-90d2f222819b&wdrlldsc=4&w)

Morales-Aramburo, J. A.-O. (24 de Enero de 2020). Efectos biológicos de las radiaciones

ionizantes. Obtenido de Revista Colombiana de Cardiología:

https://rccardiologia.com/previos/RCC%202020%20Vol.%2027/RCC_2020_27_S1/RCC_2020_27_S1_061-071.pdf

OIEA. (2022). *Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la radiación*

ionizante. (“Protección y seguridad radiológicas en los usos médicos de la ... - IAEA”)

Obtenido de Guía de Seguridad Específica N.º SSG-46: [https://www-](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1775S_web.pdf)

[pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1775S_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1775S_web.pdf)

(2020). *Radio protección en los servicios de radiología.* Washington.

Revista Colombiana de Cardiología. (2020). Obtenido de [https://www.elsevier.es/es-revista-](https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-riesgo-cardiovascular-relacionado-con-radiacion-S0120563319302141)

[revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-riesgo-cardiovascular-relacionado-con-radiacion-S0120563319302141](https://www.elsevier.es/es-revista-revista-colombiana-cardiologia-203-articulo-riesgo-cardiovascular-relacionado-con-radiacion-S0120563319302141)

Riesgos con energía ionizante en trabajadores de la salud. (2015). Obtenido de chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bonga.unisimon.edu.co/server/api/core/bitstreams/23aa22be-39d8-43ed-94ab-4413b39dbdb2/content](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bonga.unisimon.edu.co/server/api/core/bitstreams/23aa22be-39d8-43ed-94ab-4413b39dbdb2/content)

Sierra, B. (2021). *Marco teórico, Obtenido de Evaluación del efecto genotóxico de la Radiación*

Ionizante en médicos ortopedistas expuestos laboralmente, en cuatro instituciones de salud en Bogotá, Colombia:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8639/brigithyesenyasierracano.2011.pdf?sequence=1> (“Evaluación del efecto genotóxico de la radiación ionizante en médicos ...”) (“Evaluación del efecto genotóxico de la radiación ionizante en médicos ...”)

Vinces, L. J. (2021). *Postura*. Obtenido de Medidas De Protección Contra La Radiación Ionizante En El Personal Ocupacionalmente Expuesto En El Ámbito Hospitalario: <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2060/1/Medidas%20de%20protecci%c3%b3n%20contra%20la%20radiaci%c3%b3n%20ionizante%20en%20el%20personal%20ocupacionalmente%20expuesto%20en%20el%20c3%a1mbito%20hospitalario.pdf>

Yesica Alejandra Cardenas, J. P. (2018). *Radiaciones según su efecto biológico*. Obtenido de Prácticas De Seguridad Para El Control De Riesgo A Radiación Ionizante, Unidad Radiológica.: <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/02418126-1f2a-4b2b-acd4-8bff10eaebb6/content>

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE REVISIÓN - RADIACION IONIZANTE.

ANEXO 2. ARBOL DE PROBLEMAS.

